

Paolo P i z z o l o n g o

## **Rotazione del fuso nel corso della mitosi in apici radicali. Sue cause e sua importanza nell'orientamento delle nuove pareti cellulari (\*)**

### INTRODUZIONE

Per un mio precedente lavoro (PIZZOLONGO, 1962) sulla cariologia del genere *Arundo*, ho osservato al microscopio numerose sezioni trasversali e longitudinali di apici radicali di *Arundo donax* L. notando che in molte cellule meristematiche allungate le piastre metafasiche erano oblique e l'apparato mitotico deviato rispetto al futuro piano di divisione cellulare. Evidentemente in tali cellule deve verificarsi, durante la mitosi, una rotazione del fuso, la cui posizione definitiva viene assunta talora soltanto all'inizio della telofase.

Alcuni Autori (GAVAUDAN, 1942; THOMAS, 1956) chiamano « tropocinesi » quelle cariocinesi in cui l'asse del fuso è deviato rispetto all'asse normale di divisione cellulare, per effetto di perturbazioni citoplasmatiche provocate da agenti diversi. Secondo questi Autori nelle cellule meristematiche radicali le profasi sono orientate in una maniera qualunque mentre le divisioni sono sempre orientate parallelamente all'asse delle cellule meristematiche stesse; pertanto, dalla profase alla metafase deve verificarsi una rotazione regolatrice dell'orientamento del fuso. Le tropocinesi si riscontrerebbero quando sostanze ad azione mitoclasica come la colchicina, l'acenaftene ecc. impedi-

---

(\*) Lavoro eseguito nell'Istituto di Botanica Generale della Facoltà di Agraria di Portici diretto dalla Prof.sa Valeria Mezzetti Bambacioni,

scono tale rotazione del fuso che, conseguentemente, può presentare un orientamento qualsiasi.

THOMAS pertanto ritiene che le tropocinesi facciano parte di una sindrome mitoclasica. Ma nel materiale da me osservato le deviazioni fusoriali non possono ascrivere alle tropocinesi nel senso inteso da GAVAUDAN e da THOMAS in quanto non era stato praticato nessun trattamento con sostanze ad azione mitoclasica.

I movimenti di rotazione del fuso sono stati osservati anche da SINNOTT (1944) nei generi *Lagenaria* e *Trichosanthis* e sono stati messi in relazione con la polarità cellulare. Il loro studio è interessante perchè la rotazione dell'apparato mitotico coinvolge naturalmente anche il problema del futuro piano della membrana divisoria sulla cui formazione è stato ampiamente discusso da molti AA. antichi e recenti: una rassegna bibliografica piuttosto vasta al riguardo si trova nelle opere di TISCHLER (1951), SINNOTT (1960), CLOWES (1960), MAZIA (1961). Un secolo fa HOFMEISTER (1863) affermò che nelle cellule in divisione la nuova membrana si formerebbe ad angolo retto rispetto all'asse longitudinale della cellula madre, stabilendo così una regola che porta il suo nome e che trova non poche eccezioni nel comportamento di quelle cellule (le cambiali per esempio) che si dividono parallelamente al loro asse maggiore. SACHS (1878) affermò invece che la nuova parete cellulare si forma ad angolo retto rispetto alle membrane preesistenti, a prescindere dagli assi cellulari.

Gli AA. che successivamente affrontarono il problema della citodieresi trovarono che in essa l'apparato mitotico ha un ruolo di notevole importanza. VAN WISSELINGH (1909) citato da MAZIA (1961) a pag. 314, studiando la divisione cellulare nella *Spirogyra*, trovò che se l'apparato mitotico non è situato nel centro della cellula, la divisione sarà disuguale. SINNOTT e BLOCH (1941) si occuparono delle divisioni mitotiche nelle cellule vacuolate trovando che in esse frequentemente il fuso ruota dalla metafase alla telofase fino ad assumere una posizione definitiva col suo piano equatoriale, corrispondente al piano di divisione cellulare, orientato parallelamente ad una formazione citoplasmatica denominata « fragmosoma ».

I rapporti tra apparato mitotico e piano di divisione cellulare sono risultati particolarmente evidenti nelle interessanti esperienze fatte in campo animale da HARVEY (1935) e da KAWAMURA (1960) riferite rispettivamente da R. CHAMBERS, E. CHAMBERS (1961) e da D. MAZIA (1961). KAWAMURA riuscì a spostare variamente, in vivo, l'apparato mitotico mediante micromanipolazioni. Egli, portando il fuso in una posizione eccentrica nelle cellule in cariocinesi, otteneva delle divisioni ineguali e ruotando il fuso a 90° dalla sua posizione normale, otteneva una divisione cellulare ad angolo retto rispetto al nuovo asse fusoriale. In sostanza questo Autore, ruotando opportunamente l'apparato mitotico, riusciva a far variare a volontà il piano di divisione cellulare che però passava sempre attraverso l'equatore del fuso.

Esistono pertanto delle relazioni inconfutabili tra apparato mitotico e piano di divisione cellulare. Ricercare queste relazioni nelle cellule in cui le piastre cromosomiche equatoriali sono orientate obliquamente, come nel caso dell'*Arundo donax*, e trovare le cause di tale orientamento e dei movimenti di rotazione del fuso durante le fasi mitotiche è quanto mi sono proposto di fare con la presente ricerca che ha inoltre lo scopo di indagare se il corredo cromosomico possa, in qualche modo, influire sul piano di divisione cellulare.

## MATERIALE E METODO

Le presenti ricerche, iniziate con le osservazioni sugli apici radicali di *Arundo donax* L., sono state poi estese comparativamente agli apici radicali di *Primula palinuri* Pet., *Acanthus mollis* L., *Iris pseudacorus* L. e *Fritillaria persica* L.

Tutte le specie esaminate sono già state, o sono tuttora, oggetto di studi cariologici nell'Istituto Botanico di Portici da parte della Prof.ssa BAMBACIONI MEZZETTI (1928) e della sua scuola; pertanto per ciascuna di esse ho potuto disporre di molti dati relativi ai cromosomi e al loro numero.

Poichè, come vedremo in seguito, il numero cromosomico può avere importanza nel determinismo del fenomeno qui stu-

diato, preciso che il corredo cromosomico somatico attribuito alle specie esaminate è il seguente:

<i>Arundo Donax</i> L.	2n = 110	HUNTER (1934); PIZZOLONGO (1962)
<i>Primula palinuri</i> Pet.	2n = 66	HONSELL (1961)
<i>Acanthus mollis</i> L.	2n = 56	GRANT (1955)
<i>Iris pseudacorus</i> L.	2n = 34	EHRENBERG (1945); POLITO (in corso di stampa)
<i>Fritillaria persica</i> L.	n = 12	STRASBURGER (1882); BAMBACIONI (1928)
	2n = 24	MEZZETTI BAMBACIONI (in corso di stampa)

Il materiale è stato prelevato dall'Orto Botanico di Portici dove le specie esaminate sono coltivate da parecchi anni, ad eccezione della *Primula palinuri* introdotta da Capo Palinuro nella primavera del 1961.

Gli apici radicali sono stati imparaffinati e sezionati trasversalmente e longitudinalmente; le sezioni sono state colorate con l'Ematossilina ferrica e col metodo di Feulgen.

## OSSERVAZIONI

### A — *Cellule meristematiche ampie, non allungate.*

Nelle cellule meristematiche ampie, non allungate (indicate dal BAJER, 1951, col nome di cellule a « dimensioni normali ») il processo di divisione cariocinetica si svolge regolarmente. Essendovi spazio sufficiente nel lume cellulare, l'apparato mitotico può orientarsi secondo l'asse longitudinale della cellula (Tav. I, 1) se questa è destinata a dividersi trasversalmente.

Pertanto la nuova membrana cellulare, passante per l'equatore del fuso, si può formare liberamente ad angolo retto con quelle laterali preesistenti. Nelle cellule meristematiche più va-

cuolizzate la massa citoplasmatica si addensa nella zona centrale della cellula.

SINNOTT e BLOCH (1941) descrissero dettagliatamente la divisione mitotica nelle cellule vacuolate degli apici caulinari. Secondo questi due Autori, in una cellula vacuolata che si accinge a dividersi, il nucleo, che dapprima era appiattito e addossato alla membrana, diventa rotondeggiante e si porta al centro della cellula sostenuto da briglie citoplasmatiche, alcune delle quali, anastomizzandosi, formano una sorta di diaframma, il fragmosoma. Successivamente il nucleo si dividerebbe ed il fuso, in telofase, si orienterebbe sempre col suo equatore in corrispondenza del fragmosoma.

SINNOTT e BLOCH hanno trovato questo processo di divisione in cellule con un unico vacuolo centrale, con citoplasma e nucleo alla periferia. Ma nel materiale da me esaminato cellule siffatte hanno già perduto la proprietà di dividersi. Tuttavia in *Arundo donax* sono riuscito ad osservare delle cellule in divisione presentanti il corpo citoplasmatico a forma di « croce di Malta » (Tav. I, 2) esattamente come è riportato nella fig. 5 a pag. 228 del citato lavoro di SINNOTT e BLOCH; il « fragmosoma » potrebbe essere dato dalla porzione di citoplasma disposta trasversalmente, ma io non posso affermarlo perchè non posso ritenere, a priori, che le briglie citoplasmatiche orientate longitudinalmente siano effettivamente isolate.

Nel corso della mitosi il fuso subisce dei cambiamenti di dimensione del tutto simili a quelli descritti da DUNCAN e PERDISKY (1958) nell'endosperma del mais; la lunghezza minore si ha tra la metafase e l'anafase (Tav. I, 3a), mentre la lunghezza maggiore si raggiunge all'inizio della telofase (Tav. I, 3b, 4); successivamente la distanza tra i due gruppi di cromosomi, e quindi tra i due nuclei figli, diminuisce e questi ultimi, al termine della citodierisi, vengono a trovarsi quasi aderenti alla nuova membrana divisoria (Tav. I, 5, 6).

Nelle cellule cilindriche il fuso è generalmente ellittico, a sezione circolare desumibile dalla forma delle piastre equatoriali; nelle cellule prismatiche, non eccessivamente ampie, le piastre cromosomiche metafasiche si presentano spesso rettan-

golari e fanno presumere che la stessa forma abbia la sezione del fuso al suo equatore.

Nelle cellule che si dividono parallelamente al loro asse maggiore il fuso talora si presenta a forma di ellissi, col diametro maggiore in corrispondenza dell'equatore, talora invece sembra essere tronco alle due estremità e le fibre, invece di convergere ai poli, hanno un decorso alquanto parallelo, come è indicato nella figura 7, Tav. I.

A volte ai due poli del fuso, specialmente in *Arundo donax*, si nota chiaramente una calotta più scura (Tav. II, 1).

In *Arundo donax* e *Acanthus mollis* i nucleoli persistono durante la mitosi ed il loro ciclo non differisce molto da quelli descritti da altri Autori tra cui AVANZI (1950) GORI (1951) e D'AMATO AVANZI (1952) rispettivamente in *Cassia acutifolia* Delile, *Reseda odorata* L. e in altre specie del genere *Cassia*. Sia in *Arundo* che in *Acanthus* il nucleolo, che nella profase è rotondeggiante e molto voluminoso, durante la metafase si dispone nel piano equatoriale, con dimensioni ridotte, a volte stirato secondo l'asse del fuso (Tav. II, 2). Nella tarda metafase la massa nucleolare residua si trova frequentemente ad un polo o ai due poli del fuso (Tav. I, 1; Tav. II, 3, 4) dove è ancora visibile all'inizio della telofase; successivamente scompare forse riassorbita dal citoplasma.

B — *Cellule meristematiche allungate* (« thin cells » di BAJER).

Le cellule in divisione strette e allungate si trovano massimamente in una zona meristematica che circonda tutto il pleroma.

Questa zona meristematica, già notata e descritta da WILLIAMS (1947) si riconosce facilmente perchè, nelle sezioni colorate con l'Ematossilina ferrica, è notevolmente più scura forse perchè costituita da cellule con protoplasma più denso e più colorabile (Tav. II, 5).

Nel materiale esaminato le cellule appartenenti a questa zona meristematica, al momento del prelievo, si stavano dividendo in senso anticlino data la disposizione delle figure mitotiche e particolarmente delle telofasi.

Le metafasi invece sono caratterizzate dalla particolare disposizione delle piastre cromosomiche equatoriali che, per mancanza di spazio nella cellula si dispongono obliquamente come è indicato nella Tav. II, 6 e nella fig. 1, A dove si vede anche che il fuso non si orienta parallelamente all'asse longitudinale delle cellule bensì forma con esso un angolo più o meno ampio a secondo della posizione delle piastre equatoriali.

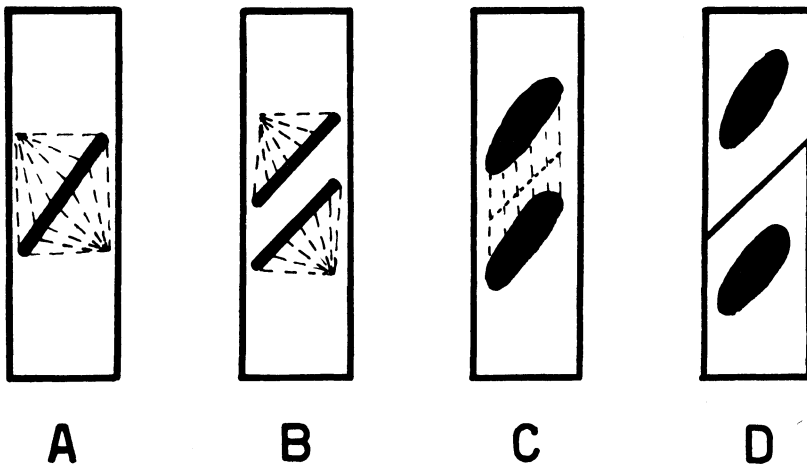


Fig. 1 — Schema di divisione cellulare in una cellula allungata. A, metafase; B, anafase; C-D, telofase.

I cromosomi, anche in queste cellule allungate tendono a disporsi tutti all'equatore del fuso, col centromero equidistante dai due poli.

Durante l'anafase il movimento di allontanamento dei cromosomi non è del tutto libero. Infatti mentre alcuni cromosomi possono dirigersi senza particolari difficoltà verso i poli del fuso, altri sono ostacolati dalle membrane longitudinali della cellula o dagli stessi cromosomi vicini.

Tuttavia il movimento di allontanamento tende fortemente ad essere sincrono e i cromosomi anafasici, conservando all'incirca la stessa disposizione che avevano in metafase, si dirigono verso i poli del fuso e nello stesso tempo verso i poli della cellula con un movimento complesso, non del tutto chiaro, come

se i due gruppi di cromosomi scivolassero l'uno sull'altro (Tav. II, 7, 8; fig. 1 B-D).

In telofase i due gruppi di cromosomi sono notevolmente distanti, a differenza di quanto si riscontra nelle cellule ampie o vacuolate, per le ragioni indicate dal BAJER. La nuova membrana divisoria a volte è obliqua, formandosi nella stessa posizione in cui si trovava la piastra cromosomica equatoriale, a volte è quasi perpendicolare all'asse longitudinale delle cellule con cui il fuso tende ad allinearsi probabilmente in seguito ad un nuovo movimento di rotazione.

### DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Le osservazioni da me condotte sugli apici radicali di *Arundo donax* L., *Primula palinuri* Pet., *Acanthus mollis* L., *Iris pseudacorus* L. e *Fritillaria persica* L. mi hanno permesso di seguire la cariocinesi e la citodierisi nelle cellule meristematiche, allungate o non, in specie con cromosomi numerosi e piccoli quali *Arundo donax* ( $2n = 110$ ), *Primula palinuri* ( $2n = 66$ ) e *Acanthus mollis* ( $2n = 56$ ), o con cromosomi meno numerosi e di grandezza maggiore quali *Iris pseudacorus* ( $2n = 34$ ) e *Fritillaria persica* ( $2n = 24$ ).

La divisione nelle cellule ampie non allungate avviene regolarmente; quando si presentano vacuolizzate si osserva un addensamento citoplasmatico verso il centro, che potrebbe corrispondere al « fragmosoma » di SINNOTT e BLOCH.

SINNOTT e BLOCH ritengono che nelle cellule vacuolate del caule la prima indicazione del futuro piano di divisione cellulare è data, sin dalla profase, proprio dal « fragmosoma » che si può riconoscere perchè quasi sempre disposto ad angolo retto con l'asse longitudinale dell'apice. Ma, a mio avviso, non si può escludere che, nelle cellule con più vacuoli, il citoplasma si disponga in più strati del tipo del « fragmosoma », diversamente orientati tra di loro e separati dai vacuoli.

Se è vero, come affermano SINNOTT e BLOCH, che la nuova membrana cellulare si forma in corrispondenza del fragmosoma, dove già esiste il citoplasma, la rotazione del fuso che



spesso si verifica durante la mitosi di queste cellule, potrebbe avere lo scopo di allineare l'equatore del fuso con gli strati preesistenti di citoplasma.

Se di tali strati ne esiste effettivamente uno solo (il « fragmosoma ») è logico ritenere che l'equatore del fuso, se non è allineato sin dalla profase col fragmosoma, vi si allinea in seguito a rotazione regolatrice dell'apparato mitotico; ma se esistono e permangono, durante la mitosi, più strati citoplasmatici, allora è difficile individuare il fragmosoma e prevedere sin dalla profase il futuro piano di divisione cellulare. Infatti in tali casi nel corso della mitosi il fuso potrebbe essere sollecitato, da fattori vari, ad orientarsi in rapporto ad uno qualsiasi degli strati citoplasmatici preesistenti.

Pertanto ritengo che, per ora, la teoria del fragmosoma non possa essere generalizzata e che l'unica indicazione sicura della posizione della futura membrana divisoria in una cellula in mitosi, sia data dall'orientamento dell'equatore del fuso, al termine delle rotazioni regolatrici che possono interessarlo.

Le osservazioni sulla morfologia dell'apparato mitotico nel materiale esaminato mi consentono di affermare che l'aspetto del fuso in metafase può variare in rapporto alla forma della cellula, alle sue dimensioni e all'orientamento del suo piano di divisione. Ciò sarebbe dimostrato dalle seguenti constatazioni: *a)* nelle cellule cilindriche le piastre equatoriali sono circolari, mentre nelle cellule prismatiche, non eccessivamente ampie, generalmente hanno una forma poligonale; *b)* nelle cellule che si dividono parallelamente al loro asse maggiore spesso il fuso si presenta di forma ellittica ma col diametro maggiore dell'ellissi in corrispondenza del suo equatore; a volte il fuso si mostra tronco alle estremità e le fibre sembrano decorrere parallelamente tra due calotte polari.

Le osservazioni sul comportamento mitotico delle cellule sottili ed allungate (« thin cells » di BAJER) mi consentono di fare delle considerazioni in aggiunta a quelle di BAJER (1951) che si interessò dello stesso argomento in altre specie di piante.

Le piastre cromosomiche metafasiche, in queste cellule allungate che si dividono in senso trasversale, presentano spesso un diametro che è più grande di quello che ha la cellula, a

quel livello dove esse dovrebbero essere contenute; pertanto, per mancanza di spazio, non possono orientarsi perpendicolarmente all'asse cellulare, ma, disponendosi obliquamente, formano con esso un angolo che a volte è di 15° circa. Piastre equatoriali con disposizione obliqua si osservano in tutte le specie da me esaminate, ma soprattutto in *Arundo donax*, *Primula palinuri* e *Acanthus mollis* che hanno cromosomi più numerosi e più piccoli rispetto a *Iris pseudacorus* e *Fritillaria persica*. Ciò, a mio avviso, può dipendere dal fatto, già noto (GUILLIERMOND, MANGENOT, PLANTEFOL, 1933; MAZIA, 1961) che quando i cromosomi sono molto piccoli giacciono interamente nel piano della piastra equatoriale; quando invece sono lunghi, facilmente si piegano inserendosi solo col centromero all'equatore del fuso.

Pertanto in *Arundo donax*, *Primula palinuri* e *Acanthus mollis* le piastre metafasiche risulterebbero oblique e non perpendicolari all'asse del fuso e ciascun cromosoma verrebbe ad essere inegualmente distante dai due poli; cosa questa che può verificarsi solo quando le cellule sono estremamente sottili. Generalmente infatti i cromosomi tendono ad essere equidistanti dai due poli conformemente alla teoria dell'« equilibrio » di OESTEREGREN (1950, 1951, citati da MAZIA), che verrebbe avvalorata dalle mie osservazioni: e perchè questa condizione di equilibrio si realizzi essi determinano una rotazione del fuso se questo non era, già dalla profase orientato obliquamente nella cellula.

Il fuso in telofase tende ad allinearsi con l'asse longitudinale della cellula, evidentemente in seguito ad una rotazione che può essere favorita dai movimenti anafasici dei cromosomi. Tali movimenti, come ho già detto, sono di difficile interpretazione e si svolgono come se i due gruppi di cromosomi slittassero l'uno sull'altro (Tav. II, 6-8) dirigendosi verso i poli della cellula. Probabilmente questi movimenti in blocco dei cromosomi sono conseguenti alla fusione delle fibre di trazione di più cromosomi ipotizzata recentemente da BAJER A. e

MOLÉ-BAJER J. (1956). Tuttavia l'orientamento obliquo assunto dal fuso in metafase può essere definitivo e allora anche la nuova membrana divisoria, passante al suo equatore, risulterà obliqua (fig. 1 B e Tav. II, 8).

Ciò porta alla conclusione che i cromosomi, determinando nelle cellule sottili la posizione del fuso, influiscono indirettamente sul futuro piano di divisione cellulare.

#### RIASSUNTO

L'Autore ha esaminato al microscopio numerose sezioni longitudinali mediane di *Arundo donax* L., *Primula palinuri* Pet., *Acanthus mollis* L., *Iris pseudacorus* L. e *Fritillaria persica* L. studiando il comportamento dell'apparato mitotico e la formazione della nuova membrana divisoria nelle cellule meristematiche non allungate ed in quelle sottili ed allungate.

Circa l'apparato mitotico egli ha notato che in *Arundo donax* ed *Acanthus mollis*, durante la cariocinesi, il nucleolo persiste ed è visibile chiaramente fino alla telofase. In tutte le specie esaminate le dimensioni del fuso variano nel corso della mitosi, notandosi un accorciamento massimo tra la metafase e l'anafase ed una distanza massima tra i poli all'inizio della telofase. L'aspetto del fuso, inoltre, varia in rapporto alla forma delle cellule e, talora, al piano di divisione cellulare.

Per quanto riguarda la nuova membrana divisoria l'A. ritiene che essa non sempre possa essere predeterminata sin dalla profase del « fragmosoma », secondo l'affermazione di Sinnott e Bloch; l'unica indicazione sicura del futuro piano di divisione cellulare è dato dalla posizione che, in telofase, assume il fuso, dopo le sue eventuali rotazioni regolatrici.

Nelle cellule ampie non allungate la nuova membrana divisoria può formarsi liberamente ad angolo retto rispetto alle membrane laterali preesistenti perché la piastra cromosomica metafasica, essendovi spazio sufficiente, può orientarsi perpendicolarmente all'asse maggiore della cellula. Invece nelle cellule meristematiche strette ed allungate, dividendisi anticlinalmente, le piastre metafasiche, per mancanza di spazio, si dispongono obliquamente determinando una deviazione dell'asse del fuso che generalmente rimane perpendicolare al piano della piastra metafasica.

In telofase il fuso tende a ridisporsi col suo asse parallelo a quello longitudinale della cellula; ma spesso la posizione deviata assunta dal fuso può essere definitiva per cui la nuova membrana deve essere necessariamente obliqua. In questi casi probabilmente i cromosomi, determinando la posizione del fuso, influenzano indirettamente il futuro piano di divisione cellulare.

### SUMMARY

The A. carried out investigations on many median longitudinal roots sections of *Arundo donax* L., *Primula palinuri* Pet., *Acanthus mollis* L., *Iris pseudacorus* L. and *Fritillaria persica* L. in order to study the behaviour of the mitotic apparatus and the formation of the new dividing membrane in the non-elongate and elongate meristematic cells.

He observed that in *Arundo donax* and *Acanthus mollis* during the karyocinesis the nucleolus persists and is clearly visible until telophase. In all of the examined species the spindle dimensions vary during mitosis. Between metaphase and anaphase the greatest shortening appears and at the beginning of telophase the greatest distance between the poles is realized. The aspect of the spindle varies in relation to the cellular form and, sometimes, to the plane of division.

Concerning the new dividing membrane, the A. not fully agrees with the opinion of Sinnott and Bloch since he believes that it cannot be always predetermined by the « phragmosome »; the sole certain indication of the future division plane is furnished by the telophase position of the spindle after its regulating rotations.

In the non-elongate. large cells the new dividing membrane may be freely formed at right angle to the preexisting lateral membranes. In this case, in fact, the metaphasic plate, because of the sufficient space, may orient itself perpendicularly to the longest cellular axis. In the elongate meristematic cells which divides anticlinally, the metaphasic plates, because of the lack of space, orient itself obliquely and the spindle axis remains in a deviated position. The spindle axis is however always perpendicular to the metaphasic plate.

In telophase the spindle axis tends to become parallel to the longitudinal cellular axis; but often, the deviation assumed by the spindle becomes persistent and the new dividing membrane must be oblique. In these instances, probably, the chromosomes by determining the position of the spindle, influence indirectly the future plane of cellular division.

### BIBLIOGRAFIA

- AVANZI M. G. - *Osservazioni sul ciclo nucleolare in Cassia acutifolia* Delile. *Caryologia*, 3, 200-203, 1950.
- BAJER A. - *Studies on spindle and chromosome movement*. *Acta Sc. Bot. Pol.*, 21, n. 1-2, 95-111, 1951.

- BAJER A., MOLE'-BAJER J. - *Cine-micrographic studies on mitosis in endosperm. II. Chromosome, Cytoplasmic and Brownian movements.* Chromosoma, Bd. 7, 558-607, 1956.
- BAMBACIONI V. - *Ricerche sulla ecologia e sulla embriologia di Fritillaria persica L.* Annali di Botanica, 18, fasc. 1, 7-37, 1928.
- CHAMBERS R., CHAMBERS E. L. - *Explorations into the nature of the living cell.* Cambridge, 247, 1961.
- CLOWES F. A. L. - *Apical meristems.* Oxford, 120-130 e 194-207, 1960.
- D'AMATO-AVANZI M. G. - *Nuove osservazioni sulla persistenza del nucleolo durante la mitosi del genere Cassia.* Caryologia, 5, 133-135, 1952.
- DUNCAN R. E., PERSIDSKY M. D. - *The achromatic figure during mitosis in maize endosperm.* Am. Jour. Bot., 45, 719-729, 1958.
- EHRENBERG L. - *Kromosomtalen hos nagra karlwaxter.* Bot. Notiser, Haf. 4, 434, 1945.
- GAVAUDAN P. - *Essai d'explication du mécanisme de la tropocinèse sous l'influence des agents modificateurs de la caryocinèse et de la cytodièrese.* C. R. Soc. Biol., 136, 419, 1942.
- GORI C. - *Persistenza del nucleolo durante la mitosi in Reseda odorata L.* Caryologia, 3, 294-298, 1951.
- GRANT W. F. - *A cytogenetic study in the Acanthaceae.* Brittonia, 8, n. 2, 121-149, 1955.
- GUILLIERMOND A., MANGENOT G., PLANTEFOL L. - *Traité de Cytologie Végétale.* Paris, 212-214, 1933.
- HARVEY E. B. - *The mitotic figure and cleavage plane in the egg of Parechinus microtuberculatus, as influenced by centrifugal force.* Biol. Bull., 69, 287-297, 1935.
- HOFMEISTER W. - *Zusätze und Berichtigungen zu den 1851 veröffentlichten untersuchungen der Entwicklung höherer Kryptogamen.* Jahr. Wiss. Bot., 3, 259-293, 1863.
- HONSELL E. - *La diffusione di forme esaploidi di Primula palinuri Petagna in diverse stazioni della costa tirrenica da Palinuro a Scalea.* Ann. di Bot., 27, fasc. 1, 1961.
- HUNTER A. W. S. - *A Karyosystematic investigation in the Gramineae.* Can. Journ. Res., 11, 213-241, 1934.
- KAWAMURA K. - *Exptl. Cell. Research*, 21, 9, 1960.
- MAZIA D. - *Mitosis and the Physiology of cell division.* In The Cell di Brachet J., Mirsky A. E., 3, New York and London, 80-412, 1961.
- OESTERGREN G. - *Hereditas*, 36, 1, 1950.
- OESTERGREN G. - *Hereditas*, 37, 6, 1951.

- PIZZOLONGO P. - *Osservazioni carilogiche su Arundo donax L. e Arundo plinii Turra*. Annali di Botanica, 27, fasc. 2, 1962.
- SACHS J. - *Über die Anordnung der Zellen in jungsten Pflanzentheilen*. Arb. Bot. Inst. Wurzburg, 2, 46-104, 1878.
- SINNOTT E. W. - *Cell polarity and the development of form in cucurbit fruits*. Am. Journ. Bot., 31, 388-391, 1944.
- SINNOTT E. W. - *Plant morphogenesis*. New York, Toronto, London, 461-525, 1960.
- SINNOTT E. W., BLOCH R. - *Division of vacuolate plant cells*. Am. Jour. Bot., 29, 317-323, 1941.
- STRASBURGER E. - *Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne und das Verhältniss der Kerntheilung zur Zelltheilung*. Bonn, 1-115, 1882.
- THOMAS J. A. - *Les facteurs de la croissance cellulaire. Activation et Inhibition*. Paris, 290, 1956.
- TISCHLER G. - *Allgemeine Pflanzenkaryologie. Bt. 2. Kernteilung und Kernverschmelzung*. Berlin, 210-225, 1951.
- VAN WISSELINGH C. - *Beih. Botan. Zent.*, 24, 133, 1909.  
primary tissues in the roots of vascular plants. Am«Ok4 8nU etaoinsr
- WILLIAMS B. C. - *The structure of the meristematic root tip and origin of the primary tissues in the roots of vascular plants*. Am. Jour. Bot., 34, 455-462, 1947.

#### TAVOLA I

Cellule meristematiche radicali ampie non allungate, di *Arundo donax* L. (1-6) ed *Iris pseudacorus* L. (7).

- 1 — Metafase con nucleolo persistente. × 3.000.
- 2 — Cellule con citoplasma disposto a « croce di Malta ». × 2.200.
- 3-4 — Aspetti del fuso in metafase (3 a) ed in telofase (3 b, 4). × 2.200.
- 5-6 — Telofasi con formazione del fragmoplasto e con nuclei figli ravvicinati. × 2.200.
- 7 — Aspetto del fuso in una cellula dividentesi secondo il suo asse maggiore. × 3.000.

TAVOLA II

- 1 — Cellula meristemica radicale di *Arundo donax* L. in metafase; sono visibili ai poli del fuso due calotte più scure. × 2.000.
- 2-4 — Metafasi con nucleolo persistente in *Acanthus mollis* L. (2) e *Arundo donax* L. (3-4). × 3.000.
- 5 — Sezione longitudinale di apice radicale di *Arundo donax* L.; è visibile intorno al pleroma la zona meristemica a cellule strette e allungate. × 150.
- 6-8 — Cellule meristematiche molto strette ed allungate di *Arundo donax* L. della zona precedente. La piastra cromosomica metafasica, per mancanza di spazio, si dispone obliquamente (6) ed in telofase (8) la nuova membrana divisoria si forma nella stessa posizione che aveva la piastra metafasica. × 3.000.





